

## 参 考 资 料 2



## 目 次

1. 用語の定義	4-参 2-1
2. 建設工事における自然由来の重金属等への対応	4-参 2-3
3. 調査・試験方法	4-参 2-13
4. リスク評価	4-参 2-15
5. 対 策	4-参 2-21
6. モニタリング	4-参 2-26
7. 対策事例	4-参 2-30



## 1. 用語の定義

用語	定義
移流分散解析	地下水中の重金属等の移動を予測・評価するための解析手法。地下水の流れに乗って移動する移流現象とその濃度勾配による分散現象を移流分散方程式によって計算する。
受入地	自然由来の重金属等を含有あるいは溶出する発生土を盛土する場所（処理場・処分場・土捨て場・盛土場）。
解析コード	移流分散解析を行うために理論式あるいは数値解析式を組み込んだプログラムやソフトウェア。
環境安全性	環境中における、対象となる重金属等の生物に対する安全性。
感度解析	各種パラメータが解析結果に与える影響（感度）を把握するため、パラメータを変化させて行う解析。
吸着材	吸着層に用いられる材料。吸着材には天然材料（掘削土砂、原地盤など）と人工材料がある。人工吸着材は人工材料、天然吸着材は天然材料を示す。
吸着層	吸着層工法において、盛土底部に敷設した盛土材で、重金属等を吸着、拡散、分散などをさせる対象層。
吸着層工法	重金属等を含む岩石・土壌の下に吸着層を配置する構成を基本とし、吸着層に重金属等が吸着される効果により盛土体から溶出する重金属濃度を低下させる工法。
サイト概念モデル	自然由来の重金属等の発生源となる発生土、発生源から敷地境界や保全対象区域までの距離や曝露経路（周辺状況）、周辺地盤の重金属等の吸着特性や地下水の流れ（周辺地盤）などの現場ごとの特性を考慮し、リスク評価地点における濃度あるいは受容体への曝露量を評価するためのモデルである。サイト概念モデルを構築することにより、現場状況に適した合理的な対策の立案が可能となる。
酸性化可能性試験	発生土と過酸化水素水とを混合し、土に含まれる黄鉄鉱などの硫化鉱物を強制的に酸化分解して硫酸を生成させる試験（JGS0271-2016）。測定項目としてpH(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )とも表記する。
酸性土	大気暴露（空気および水との接触）により、掘削直後あるいは時間経過してから酸性水を発生させる発生土で、重金属等が溶出する場合が多い。酸性土の判定は、酸性化可能性試験、短期溶出試験の検液pH、実現象再現溶出試験などにより行われる。
自然由来	人為的影響を受けていない岩石・未固結堆積物・土砂の元来的な性質、条件に由来すること。
自然由来重金属等含有土	自然由来の重金属等を含有する発生土。
実現象再現溶出試験	自然由来重金属等含有土や酸性土の可能性のある土を盛土等に利用する場合に行う試験。様々な試験方法があり、土が実際に置かれる環境を想定して試験条件を設定する。
地盤特性評価	リスク評価を行うため、重金属等を溶出する盛土を行う地盤の地質構造、水理構造、重金属等の吸着性能などについて評価すること。
重金属等	カドミウム(Cd)、鉛(Pb)、六価クロム(Cr(VI))、水銀(Hg)、砒素(As)、セレン(Se)、ふっ素(F)、ほう素(B)およびそれらの化合物。
受容体	リスクを受ける対象。おもに人。
迅速判定試験	施工中に掘削した岩石・土壌を対象が必要なもの不要なものに迅速に分別するための試験。
生活環境	環境基本法では、「人の生活に密接な関係のある財産並びに人の生活に密接な関係のある動植物及びその生育環境」をも含めた意味で用いることとしている。
全含有量試験	蛍光X線分析法や底質調査方法などの方法により重金属等の含有量の総量を求める試験。土壌汚染対策法の土壌含有量と比較して真の含有量により近い固体試料中の重金属等の濃度を示す。供試した固相の単位重量当たりの重金属等の質量で表す。原理的に、全含有量試験の結果は直接摂取リスク判定試験より必ず大きな値となるため、直接摂取リスクの評価において含有量試験結果を代用することができる。
対応マニュアル	建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル改訂委員会により令和5年（2023年）3月29日公表された「建設工事における 自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）」

用語	定義
直接摂取リスク判定試験	試料調製方法を除き「土壌含有量調査に係る測定方法」(環境省告示第19号、平成15年)に準拠した試験。本告示による試験は一般に「土壌含有量試験」と称され、土壌汚染対策法における土壌の直接摂取による人への健康リスクを評価するための試験であり、土壌含有量基準を満足するかどうかでリスクを判定する。岩石試料の場合は、試料調整において粉碎作業があるため、本告示における試料調整方法と異なっている。なお、土壌含有量試験は、1 mol/L 塩酸溶液を用いた溶媒抽出試験(六価クロム化合物とシアン化合物を除く)であるため、全含有量試験と区別して扱う必要がある。
曝露経路	重金属等が土壌や地下水中を移動し、受容体(おもに人)やリスク評価地点に至るまでの経路。
曝露地点	重金属等が受容体(おもに人)によって摂取される地点。
バックグラウンド値	対象地域において地下水や表流水、または岩石や土壌に平均的に含まれる自然由来の重金属等の濃度、または溶出量や全含有量。
発生源	自然由来の重金属等を含有あるいは溶出する発生土からなる盛土または埋土。
発生源濃度区分	要管理土に区分される発生土において、重金属等の溶出濃度の高低に応じて分けられる区分。 【高濃度】、【低濃度】、【極低濃度】の3区分からなる。
発生土	トンネルや切土工事において固結した岩盤や未固結土の掘削により発生する土(岩ずり・掘削ずり・ズリ・掘削土と同義)。「土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン(改訂第3.1版)」(令和4年8月)では、岩盤は土壌汚染対策法の適用対象外とされる。
パラメータ	移流分散解析を行うために用いる変数。各種試験や調査で求めた地盤定数や滞水層定数などのほか、文献に示される値を用いる。
搬出時管理土	受入地で置かれる環境において、設定した対応目標を満足する土。搬出時管理土を盛土等に利用するに当たり、再掘削、搬出等を行わない状態においては、覆土等のみで環境安全性が確保できる。
評価レベル	リスク評価を行うレベル。事業段階やサイト概念モデルの精度に応じ、リスク評価を段階的に行うため、本要領では簡易レベル、標準レベル、詳細レベルの3つのレベルを設けている。レベルの向上は、パラメータの精度向上とモデルの高度化の2つの方法がある。
モニタリング	水質その他の監視。対策工が適正に施工されていることを確認することを目的とした「施工確認モニタリング」と、対策工の効果やリスク評価結果の確認を目的とした「効果確認モニタリング」に細分される。
要管理土	土壌汚染対策法などの法令等の対象外の、管理が必要な土。対応マニュアルの2.6節「要管理土の判定の目安」に該当する土を原則として要管理土と見なす。搬出時管理土と要対策土に細分される。
要対策土	要管理土のうち、搬出時管理土に該当しない土。要対策土を盛土等に利用するに当たり、対策工を施すことにより、環境安全性が確保できる。盛土等に利用しない場合は、受入施設等への搬出が必要となる。
リスク評価	リスク評価では、受入地に対してサイト概念モデルを構築し、設定された対応目標を満足するかどうかの評価を行う。本要領では、基本的に受容体への地下水経由の曝露について、移流分散解析により受容体や評価地点(井戸などの保全対象や敷地境界)における将来の自然由来の重金属等の濃度を予測・評価することを指す。
リスク評価地点	移流分散解析により求めた重金属等の濃度と地下水環境基準などの評価基準などを比較する地点。敷地境界や保全対象をリスク評価地点とすることが多い。本要領ではリスクを省略して単に評価地点という場合もある。
リスクレベル区分	要管理土を盛土等に利用する際、対策工の必要性の判断や対策工の選定のために、地下水経由のリスク評価結果に基づくレベル。

## 2. 建設工事における自然由来の重金属等への対応

### (1) 建設工事における自然由来の重金属等への対応

自然由来重金属等含有土や酸性土の発生が想定される地域での建設工事では、周辺環境安全性を確保しながら効率的な事業の推進を図るために計画時から適切に対応する。トンネル工事などによる発生土量は膨大なものとなる場合が多く、とくに留意が必要である。

#### 【解 説】

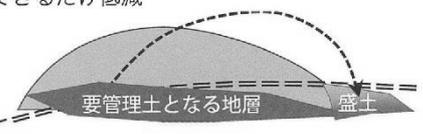
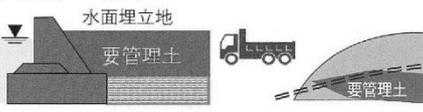
建設工事における、自然由来の重金属等が存在すると予想される地質や地域への対応の基本的な考え方を以下に示す(表2.1)。なお、施工開始後に自然由来の重金属等を含む岩石・土壌と遭遇した場合についても、同様の考え方に基づくことが可能である。

- ① 自然由来の重金属等を含む地質や地域での掘削の回避  
自然由来の重金属等を含む地質や地域の存在が調査により判明している場合は、路線や計画区域を見直しも含めて当該地質や地域を避けることを検討する。
- ② 発生土量の低減  
自然由来の重金属等を含む地質や地域の存在が調査により判明している場合は、工法や施工方法の見直しも含めて当該工事の発生土量や岩盤等の露出面積を減らすことを検討する。
- ③ 適切な利用(発生土の現場内利用)  
自然由来の重金属等を含む地質を掘削対象とする場合は、現場外搬出を避けることを検討するとともに、切盛バランス等を考慮し基準を超過して自然由来の重金属を含む発生土をリスク管理しながら適切に現場内で利用することを検討する。
- ④ 受入施設等への搬出(発生土の現場外への搬出)  
都市部のトンネル工事のように発生土を現場内にて再利用することが困難な場合は、現場外の受入施設や自然由来の重金属等を含む発生土を適切に盛土できる場所へ搬出する。また、その盛土方法などに関する情報を台帳などで適切に管理する。

このような考え方を方針として、具体的には国土交通省が示している「建設工事における 自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(2023年版)」を基本として対応する。この際、これまでの北海道開発局の道路事業における掘削土対策の合理化の取組み(7. 対策事例を参照)もふまえ、掘削土の性状とその盛土場所の特性を評価し、柔軟に対応していくことが肝要である。本資料はその対応方法を設計要領として示したものであり、下記の文献を参考にしている。

- ・『建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(2023年版)』R5.3(建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル改訂委員会)
- ・『土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン(改訂第3.1版)』R4.8(環境省 水・大気環境局 水環境課土壌環境室)
- ・『自然由来重金属等の対策におけるリスク評価マニュアル』H24.1(一般社団法人北海道環境保全技術協会)
- ・『吸着工法設計マニュアル』H24.6(一般社団法人北海道環境保全技術協会)
- ・『人工資材による自然由来重金属等を含む掘削土対策の設計・施工マニュアル』H29.7(一般社団法人北海道環境保全技術協会)

表2.1 要管理土への対応方法と事業コストへの影響

要管理土への対応方法	内容	事業における要検討時期	事業コストへの影響度
要管理土量の低減	掘削の回避 	①事業計画段階	コスト増大
	掘削土量の低減 	①事業計画段階 ②概略設計段階	
要管理土への対策	適切な利用 	①事業計画段階 ②概略設計段階 ③詳細設計段階 ・施工計画段階	
	受入施設への搬出 	①事業計画段階 ②概略設計段階 ③詳細設計段階 ・施工計画段階	

出典：国土交通省「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）」  
概要説明資料

## (2) 法的枠組み

自然由来の重金属等の対応に際しては「環境基本法」、「土壌汚染対策法」、「農用地の土壌の汚染防止等に関する法律」、「水質汚濁防止法」など、現行の法令を遵守し、関連する条例等との整合も図る。これらの適用にあたっては都道府県等の環境部局と十分に協議する。

### 【解説】

自然由来の重金属等を含有する岩石・土壌に関連する主な法令等は以下の通りである。なお、これらの法律は自然由来の重金属等を含有する岩石を直接的に規制するものではなく、発生土への対応にあたり参考とする法律である。

- ① 環境基本法（平成5年法律第91号）
- ② 土壌汚染対策法（平成14年法律第53号）
- ③ 農用地の土壌の汚染防止等に関する法律（昭和45年法律第139号）
- ④ 水質汚濁防止法（昭和45年法律第138号）
- ⑤ 廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和45年法律第137号）
- ⑥ その他の法令・条例等

※ 参考資料 2 は、以下の資料を参考に基本的な考え方をとりまとめたものである。

- ・『建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）』R5.3（建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル改訂委員会）
- ・『土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第3.1版）』R4.8（環境省 水・大気環境局 水環境課土壌環境室）
- ・『自然由来重金属等の対策におけるリスク評価マニュアル』H24.1（一般社団法人北海道環境保全技術協会）
- ・『吸着工法設計マニュアル』H24.6（一般社団法人北海道環境保全技術協会）
- ・『人工資材による自然由来重金属等を含む掘削土対策の設計・施工マニュアル』H29.7（一般社団法人北海道環境保全技術協会）

※上記「(2) 法的枠組み」の「解説」に記載の①～⑤の法律本文については、インターネットや出版物で公開されているので適宜参照のこと。

## (3) 土壌汚染対策法の適用外となる岩盤

土壌汚染対策法では、自然的原因により有害物質が含まれている場合でも、岩盤については法の対象外とされている。しかし、掘削後の状態変化によっては、法の対象となる場合があるため、時間経過による状態変化等について、事前に検討を行うことが重要である。

### 【解説】

岩盤を対象としたトンネル工事における発生土は土壌汚染対策法の対象とならないことは『土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第3.1版）』のAppendix-20に記載されている。下記にその内容を引用する。盛土後に発生土がスレーキングなどにより細粒化したり、盛土から酸性水が発生する（酸性土となる）ことが想定される場合には、その対応を適切に行う。

#### ① 土壌汚染対策法の適用外となる岩盤の定義

マグマ等が直接固結した火成岩、堆積物が固結した堆積岩及びこれらの岩石が応力や熱により再固結した変成岩で構成された地盤は、岩盤とみなされ土壌汚染対策法の適用外とする。

ここで、固結した状態とは、原位置において指圧程度で土粒子に分離できない状態をいう。

## ② 留意事項

- 岩盤は、掘削した後、乾湿によりスレーキングやスウェリング（膨潤）が発生し、細粒化や泥濁化する場合がある。岩盤を掘削した材料を用いて造成された土地において、新たに法第3条や法第4条による調査義務が生じた場合、その時点で材料が細粒化や泥濁化している状態であるときは法の対象となる土壌として扱われることになる。このように、掘削岩の人為的な流用後、時間経過によりその状態が変化した場合は、その時点において法の対象としての適否を判断することになる。
- 岩盤の表層部は、風化作用により軟質化や細粒化している場合がある。この風化部の扱いについては、風化の深度（厚さ）や性状が岩種・地形・気候等により異なることから、個々の事例において適切に対応することが望ましい。
- 掘削岩を盛土等に流用した場合、浸透水が酸性水として流出し、周辺環境を悪化させる場合がある。この場合、酸性水が生じるとともに土壌溶出量基準を超える特定有害物質の溶出が伴うこともある。このようなおそれがある地盤材料については、流用にあたって、適切な対応を行う必要がある。
- 岩盤内における人為的な汚染については、亀裂部に賦存する地下水の汚染として扱うことが妥当と判断される。

## ③ 岩盤の確認方法

地下に存在する岩盤については、土壌汚染調査を目的としたボーリングでは、難透水性の地層のように厚さ50 cm の確認ができない場合がある。このような場合は、可能な範囲で岩盤試料を採取するとともに、既往の公表された地質資料（地質図・地盤図やボーリング柱状図など）と併せて判断するものとし、その結果を報告書に記載する。なお、巨礫を岩盤と誤る場合もあることから、岩盤の判断については、注意が必要である。

#### (4) 発生土の区分

建設発生土のうち法令の対象とならない自然由来重金属等含有土および酸性土を「要管理土」と称し、それ以外を通常の発生土と区分する。要管理土は、要管理土の性状とその利用環境の双方で決まる環境安全性の高低に応じて「搬出時管理土」と「要対策土」に分類する。

#### 【解説】

建設発生土には、従来から広く有効利用の対象とされている通常の発生土のほか、掘削場所によって法令等の対象となる土や、各種試験の結果、基準を満足しない土が存在する。自然由来重金属等含有土および酸性土を掘削対象とする公共建設工事において、その対応方法に着目した分類を図2.1に示す。

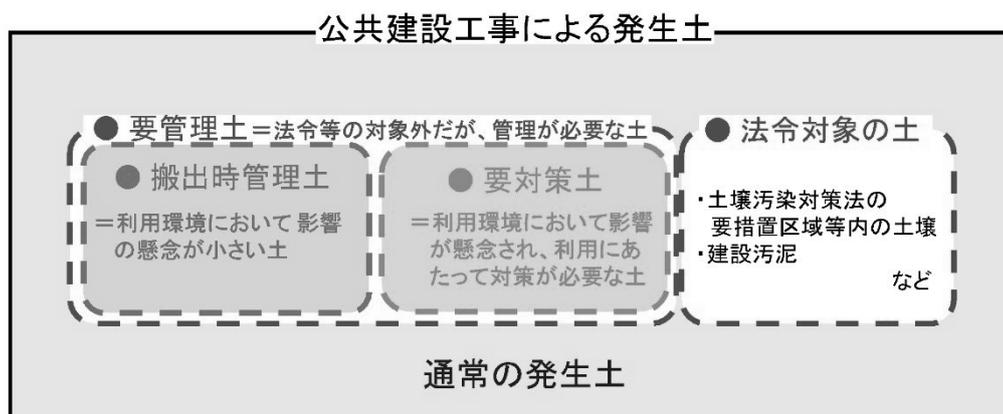


図2.1 自然由来重金属等含有土および酸性土への対応における建設発生土の分類

出典：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）  
第2章 図-2.1.1

要管理土は、自然由来重金属等の溶出量および含有量、酸性水の発生において下記の判定の目安に該当するものである。要管理土に該当せず、かつ、法令の対象とならない場合は、通常の発生土として盛土材料等に使用することができる。要管理土の判定の目安は下記および表2.2のとおりである。自然由来重金属等含有土は、土壌汚染対策法で示される第二種特定有害物質のうちシアン化合物を除く自然由来の重金属等を計測項目として、各種試験の結果に基づき判定する。酸性土については、表2.2に示す判定方法があるが、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ が3.5以下となっても必ずしも長期的に酸性水を発生するとは限らないため、実際の現象を踏まえて適切に酸性化の有無を評価する必要がある。さらに、要管理土に対しては、実現象を踏まえた溶出特性（表2.2、図2.2）等の発生源評価による発生源濃度区分を行い、【高】【低】【極低】の3段階のいずれかに区分する（表2.3）。対応方法の検討にあたっては、要管理土をその性状と利用環境への影響の双方の観点から「搬出時管理土」と「要対策土」に区分する。これらの区分の詳細な方法については、対応マニュアルを参照されたい。

#### ●要管理土の判定の目安

以下の1から3のいずれかまたは複数に該当するものを要管理土（自然由来重金属等含有土もしくは酸性土）とする。

1. 短期溶出試験の結果が土壌溶出量基準を満足しない＝自然由来重金属等含有土
2. 直接摂取のリスクを把握するための試験の結果が土壌含有量基準を満足しない＝自然由来重金属等含有土
3. 酸性化可能性試験の結果が酸性化可能性基準（ $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ が3.5を上回る）を満足しない、または短期溶出試験の検液の $\text{pH}$ が酸性（おおむね4.0以下）を呈する＝酸性土（ただし実現象を踏まえて適切に酸性化の有無を評価する）

表2.2 要管理土の判定・評価方法および基準

発生土の区分	計測項目	判定・評価方法	
		試験方法	判定・評価基準
自然由来 重金属等含有土	カドミウム(Cd)、六価クロム(Cr(VI))、 水銀(Hg)、セレン(Se)、鉛(Pb)、 砒素(As)、ふっ素(F)、ほう素(B)	・短期溶出試験	【要管理土の判定】 ・土壤溶出量基準
		・直接摂取リスク判定試験	【要管理土の判定】 ・土壤含有量基準
		・実現象再現溶出試験など	【発生源濃度の評価】 ・土壤溶出量基準および第二溶出量基準 ・地下水環境基準
酸性土	pH(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	・酸性化可能性試験	【要管理土の判定】 ・pH3.5より低い
	pH(H <sub>2</sub> O) 短期溶出試験の検液のpH	・短期溶出試験	【要管理土の判定】 ・pH4.0より低い(目安)
	pH(H <sub>2</sub> O) 実現象再現溶出試験などで得られた溶液のpH	・実現象再現溶出試験など	【発生源濃度の評価】 ・pH4.0より低い(目安)

出典：国土交通省「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壤への対応マニュアル（2023年版）」  
概要説明資料を一部改変・加筆

表2.3 要管理土の発生源濃度区分とその評価基準

発生源濃度区分	【高】	【低】	【極低】
区分の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重金属等の短期溶出試験濃度、長期的な溶出濃度のいずれかあるいは両方が高いか、鉱石のように重金属等の全含有量が著しく高いものを含むために高濃度の溶出による人への健康影響が生じる懸念がある要管理土。</li> <li>・長期的な溶出濃度が地下水環境基準値の10倍を超えることを想定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重金属等の長期的な溶出濃度は低い、想定される盛土等の環境において地下水経路および表流水経路の飲用摂取に対して、重金属等の溶出による人への健康影響が生じる可能性が不明なため、影響検討が必要な要管理土。</li> <li>・長期的な溶出濃度が地下水環境基準値の1～10倍程度を想定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重金属等の長期的な溶出濃度が極めて低く、想定される盛土等の環境において地下水経路および表流水経路の飲用摂取に対して、重金属等の溶出による人への健康影響が生じる可能性が小さい要管理土。</li> <li>・長期的な溶出濃度が地下水環境基準値を超えないことを想定。</li> <li>・重金属等は溶出しないが酸性水を発生するものを含む。</li> </ul>
評価基準 (実現象再現溶出試験を行う場合)	以下のいずれかに該当。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・短期溶出試験結果が土壤汚染対策法の第二溶出量基準値を超過。</li> <li>・実現象再現溶出試験結果に基づき、長期的な重金属等の溶出濃度が地下水環境基準値の10倍を超えると考えられる。</li> <li>・全含有量試験結果が著しく高い。</li> </ul>	【高】に該当せず、以下に該当。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・実現象再現溶出試験結果に基づき、長期的な重金属等の溶出濃度が地下水環境基準値を超えると考えられる。</li> </ul>	【高】、【低】いずれにも該当しない。
評価基準 (実現象再現溶出試験を行わない場合)	以下のいずれかに該当。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・短期溶出試験結果が土壤溶出量基準値の10倍を超える。</li> <li>・酸性化可能性試験結果が「要管理土の判定の目安」に該当する。</li> <li>・全含有量試験結果が著しく高い。</li> </ul>	【高】に該当しない。	—

出典：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壤への対応マニュアル（2023年版） p. 46 表-2.9.1

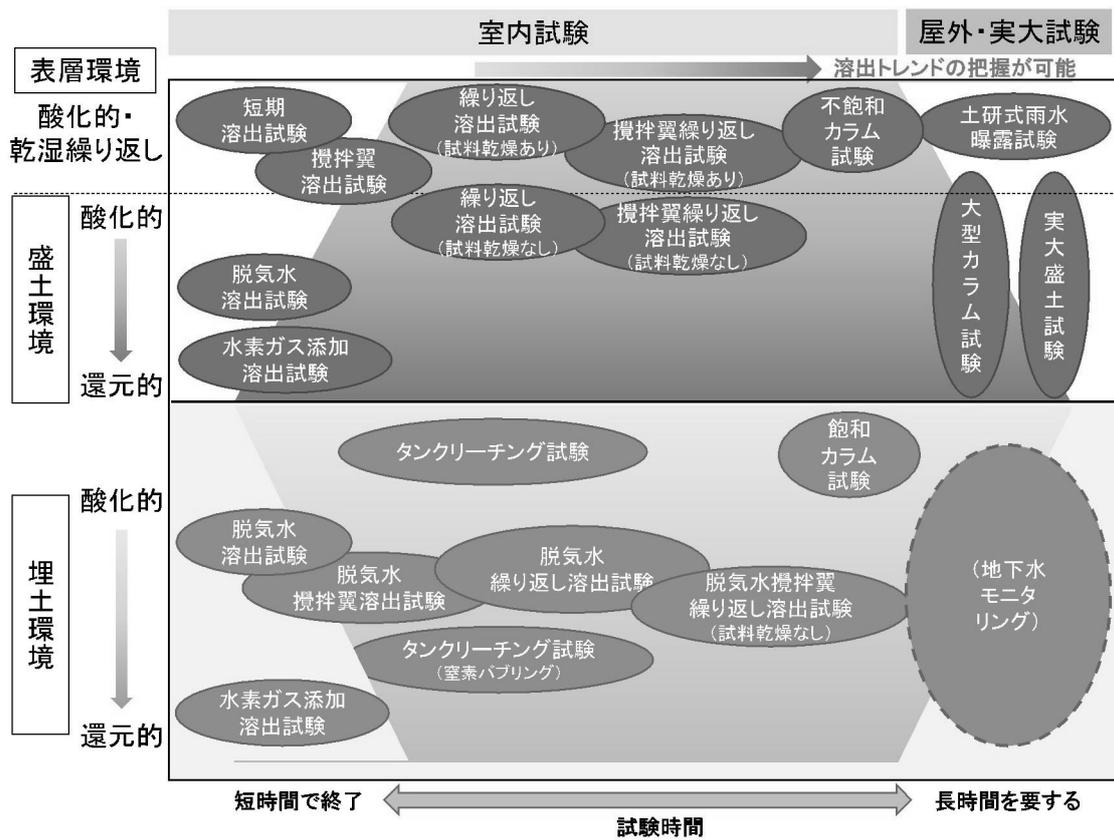


図2.2 酸化還元状態や溶出トレンドの把握に着目した溶出試験例

出典：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）p. 100 図-3.3.4

## (5) 対応の流れ

建設工事において自然由来重金属等含有土や酸性土に起因する人の健康への影響のおそれがある場合、現場条件を勘案し、工事の段階に応じて適切な調査、試験、評価、対策およびモニタリングを実施し、人の健康への影響の防止と生活環境への影響の軽減について対応の目標を定める。

自然由来重金属等含有土や酸性土を工事実施区域外へ搬出して仮置きする場合には、搬出土量を把握し、環境安全性を考慮した仮置き方法で適切に管理する。

### 【解 説】

建設工事の実施によって自然由来重金属等含有土や酸性土による人の健康への影響のおそれが新たに発生する場合に、以下の目標を達成するための対応を実施する。なお、土壤汚染対策法に準じた対策を実施する場合は、この限りではない。

#### ① 人の健康への影響の防止

##### I 地下水等の飲用摂取に関する目標

リスク評価地点とする敷地境界もしくは保全対象近傍において地下水環境基準もしくは地下水のバックグラウンド値のうち高い方を超過しないこと。

##### II 直接摂取に関する目標

直接経口摂取の経路を遮断すること。

##### III 表流水の飲用摂取による影響

敷地境界もしくは保全対象近傍において水質汚濁防止法の一般排水基準もしくは表流水のバックグラウンド値のうち高い方を超過しないこと。ただし、建設地の下流側の水利用状況によっては、適用する基準を勘案すること。

#### ② 生活環境への影響の軽減

盛土から滲出水の影響により、周辺環境における植生や魚類等への影響を回避すること。

上記の目標を達成するため、自然由来重金属等含有土や酸性土の掘削、盛立、埋立等を行う場合の対応は、基本として図2.2のとおり実施する。これらの対応のうち、「要管理土を判定するための調査」、「発生源濃度の評価」、「リスク評価」、「対策（要管理土の対策盛土等）」については、対応マニュアルを参照されたい。このほか、下記に留意して対応を進めることが肝要である。

#### ・ 搬出および仮置き時

自然由来重金属等含有土や酸性土を現場外に運搬し、仮置きする場合は、荷台をシートで覆うなど運搬時の重金属等の拡散防止策を実施する。また、仮置き場においては他の建設発生土との混合を避けるとともに、重金属等の拡散がないように地下水への浸透防止や粉塵の飛散防止の措置を講じる。また、自然由来重金属等含有土や酸性土の情報を集約した管理票などを作成し保存することで、円滑で確実な施工を図る。

#### ・ 周辺住民とのリスクコミュニケーション

施工前調査や施工中調査の結果、自然由来重金属等含有土や酸性土の存在が確認された場合は、適切な段階で周辺住民や自治体を含む関係機関に必要な応じて報告を行う。また、施工の進捗に応じた適切な情報の開示や協議を行うなど、周辺住民に対して十分な配慮が必要である。情報提供の手段としては、住民説明会等を含む説明文書等の配布・回覧、有識者による検討会の設置等がある。

(参考：「土壤汚染に関するリスクコミュニケーションガイドライン」環境省水・大気環境局、2008)

#### ・ 情報の管理

対策の実施後、対策実施区域、対策内容、モニタリング結果等の自然由来重金属等含有土や酸性土とその対応についての情報を管理台帳等で整備して記録として保存し、施工中および施工後の管理に活用する。

#### ・ 事業用地外に盛土する場合

事業者以外が所有する土地に盛土する場合においては、地権者の同意を得ると共に将来の適切な管理に関する取り決めを行う必要がある。

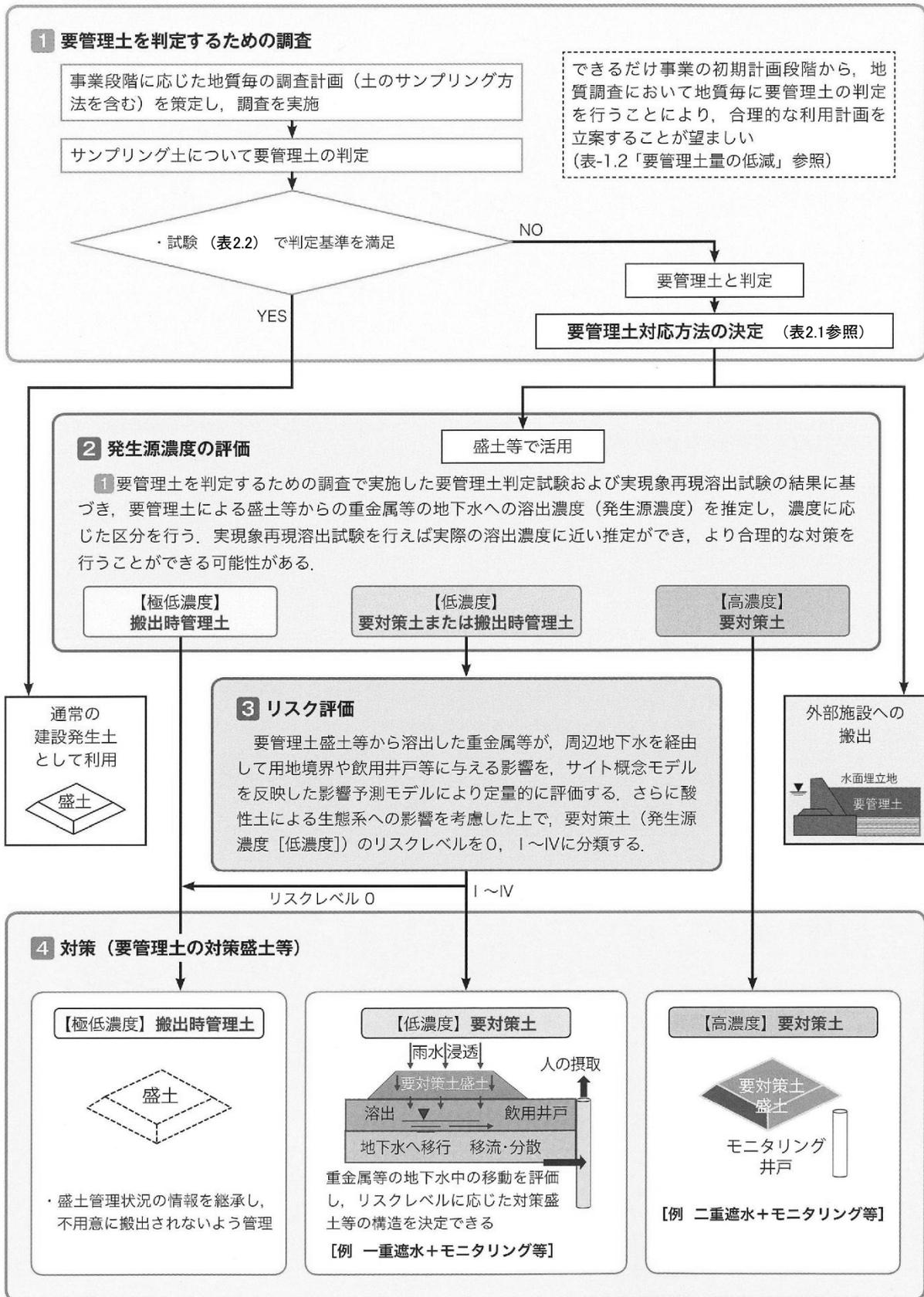


図2.2 建設工事における自然由来重金属等含有土・酸性土への対応の流れ

出典：国土交通省「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）」  
概要説明資料（一部（表番号）を改変）

## (6) 環境部局への届出または報告

建設工事において自然由来重金属等含有土や酸性土に起因する人の健康や生活環境への影響のおそれがある場合、必要に応じて環境部局への届出または報告を行う。

### 【解説】

建設工事の実施によって自然由来重金属等含有土や酸性土による人の健康や生活環境への影響のおそれが新たに発生する場合は、必要に応じて環境部局への届出または報告を行う。

#### ・環境部局への届出

土壤汚染対策法では建設工事の対象となる土地が以下3つの条件のどれかに該当する場合、調査命令が発出する可能性がある。特に②に関しては一定規模（3,000 m<sup>2</sup>）以上の土地の形質変更の場合は届け出を義務づけており、場合によっては法に基づく対応が必要となることから、環境部局への届け出または報告が必要である。

- ① 有害物質を製造、使用又は処理する施設の使用が廃止された場合
- ② 一定規模以上の土地の形質変更の際に土壤汚染のおそれがあると都道府県知事が認める場合
- ③ 土壤汚染により健康被害が生ずるおそれがあると都道府県知事が認める場合

#### ・環境部局への報告

土壤汚染対策法や条例等の対象外であっても都道府県等の環境部局との協議結果によっては、土壤汚染対策法に準じた対応を実施する場合もあるため、上記①～③に該当しない土地であっても施工前概略調査段階に環境部局への報告を行う場合がある。その際に環境部局へ提出する資料の例を表2.3に示す。

表2.3 環境部局への提出資料の例

資料の提出時期	提供する資料（案）
施工前の調査段階	○工事概要（事業概要） ○岩石・土壤に分けた重金属の分析結果（試料採取箇所、検体数、分析項目、試験方法、分析データなど） ○地域概況（地形地質に関する既存資料など） ○近隣の水利用状況（民家等の個別調査が難しい場合は、まずは既存資料や現地踏査でわかる範囲でも可） ○工事対象地への一般の人の立ち入りの可能性（施工中および施工後） ○対策方針案（方針が確定していない段階であれば、複数案を示しても可） △モニタリング計画 △地下水、表流水等のモニタリング結果 △近隣の自然由来重金属分布状況（鉱山、温泉の有無等） △施工時の調査計画 △現場仮設計画、仮置き土管理計画

凡例 ○：提出の必要があると思われる資料、△：必要に応じて提出する資料

### 3. 調査・試験方法

自然由来の重金属等含有土および酸性土に関する調査は、資料等調査、地形・地質調査、水理・水文調査および水質試料の採取、地質試料の採取と試験試料の調製、地質・水質試料および各種材料の試験・分析を、調査の目的に応じて組み合わせて行う。

#### 【解説】

資料等調査などにに基づき、対象地域における人為的な土壌汚染の有無を確認する。地質調査、水文調査、試料採取、地盤物性調査の方法は、調査の目的（表3.1参照）に合わせて選択する。要管理土の評価のための試験は、採取した地質試料について、原則として短期溶出試験、酸性化可能性試験、全含有量試験（または直接摂取のリスクを把握するための試験）を一連のものとして実施する。また、発生土を盛土等に利用する場合は、発生土からの重金属等の溶出や酸性水の発生について、発生土が置かれる環境の実態に即して把握し、評価を行う一助とするために、実現象再現溶出試験を実施することが望ましい。実現象再現溶出試験は、現場ごとに異なる発生土の性状や、発生土と水との接触条件、溶出環境などの影響因子を考慮して試験方法を任意に設定する試験であり、多様な手法が存在する（前出図2.2参照）。このほか、発生土の物理的性状（例えばスレーキング性、膨張性等）が溶出特性等に影響し得ると想定される場合には、必要に応じて適切な試験を実施し評価を行う。

なお、土壌汚染対策法や条例等の対象となる場合は、同法や条例等に基づいた対応を図ることとなるが、同法や条例等の対象外であっても都道府県等の環境部局との協議の結果によっては、同法に準じた対応を実施する場合もある。

#### ※調査方法に関する参考資料

- ・『建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）第3章』R5.3  
ー建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル改訂委員会
- ・『吸着層工法に使用する材料等の試験方法の標準化検討委員会報告書 第1版』2022年12月28日  
吸着層工法に使用する材料等の試験方法の標準化検討委員会  
吸着層工法に使用する材料等の試験方法の標準化検討会

調査の目的に応じた具体的な実施項目は次の通りである（表3.1）。

- ① 発生土が要管理土であるかどうかの評価を目的とする調査
  - (ア) 資料等調査
  - (イ) 地形・地質調査、水理・水文調査
  - (ウ) 地質試料の採取と試験試料の調製
  - (エ) 要管理土の評価のための試験
  - (オ) 実現象再現溶出試験
  - (カ) その他、必要に応じて実施する試験
- ② 受入地のリスク評価、工事による環境への影響および対策工の効果の確認を目的とする調査
  - (ア) 資料等調査
  - (イ) 地形・地質調査、水理・水文調査
  - (ウ) 地質試料の採取と試験試料の調製
  - (エ) 水質試験
  - (オ) 地盤物性調査
  - (カ) その他、必要に応じて実施する試験
- ③ 対策工の検討を目的とする調査
  - (ア) 資料等調査
  - (イ) 地形・地質調査
  - (ウ) 地質試料の採取と試験試料の調製
  - (エ) 地盤物性調査
  - (オ) 要管理土の評価のための試験
  - (カ) その他、必要に応じて実施する試験

表3.1 目的に応じた調査項目の例

調査の目的	調査の内容	調査項目									実施の留意点
		3.3.1 資料等調査	3.3.2 地形・地質 調査	3.3.3 水理・水文調査	3.3.4 地質試料の 採取と試験 試料の調製	3.3.5 水質試験	3.3.6 地盤物性調査	3.3.7 要管理土の 評価のための 試験	3.3.8 実現象再現 溶出試験	3.3.9 必要に応じて 実施する試験	
(1) 発生土が 要管理土で あるかどうか の評価を 目的とする 調査	a) 発生土の移動に 係る法令や条例 などに関する調査	国や自治体保有 の台帳など	-	-	-	-	-	-	-	-	(1) b)の土地利用 履歴調査と併せて 実施
	b) 重金属等の起源 に関する調査	地球化学図、鉱 山位置図、土地 利用履歴、論文 など	(必要に応じ) 地質踏査、ボー リング調査など	(必要に応じ) 湧水調査など	(必要に応じ) 露頭試料、ボー リング試料など	-	-	全含有量試験、 短期溶出試験	-	岩石・鉱物学的 試験など	(1) c)と併せて実 施
	c) 地質の成因や地 質構造に関する 調査	地形図、地質 図、論文、ボー リングデータ、 物理探査データ など	地形判読、地質 踏査、詳細地質 図、地質断面図 作成など (必要に応じ) 物理探査	-	(必要に応じ) 露頭試料など	-	-	全含有量試験	-	岩石・鉱物学的 試験など	(1) d)の結果を フィードバック
	d) 要管理土となる 可能性がある地 質に関する調査	論文など	ボーリング調査	-	主にボーリング 試料	-	-	全含有量試験ま たは直接採取リ スクの把握のた めの試験、短期 溶出試験、酸性 化可能性試験	-	迅速判定試験	(1) c)の結果を踏 まえて実施
	e) 要管理土の可能 性がある地質の 、現場の利用条 件での溶出特性 に関する調査	-	ボーリング調査	-	主にボーリング 試料 (必要に応じ) 重機による掘削 採取	-	-	-	実現象再現溶出 試験	-	発生土を利用する 場合に、(1) d)の結 果を踏まえて実施
(2) 受入先のリ スク評価、工事 による環境への 影響および対策 工の効果の確認 を目的とする調 査	a) 水利用状況、地 下水の状況、表 流水の状況に関 する調査	地形図、地質 図、ボーリング データ、井戸台 帳、河川流況な ど	水系図作成など (必要に応じ) 地質踏査、ボー リング調査など	水利用調査、地 下水位観測、地 下水流向流速調 査、流量観測な ど	-	水質試験	-	-	-	-	本調査中の地下水 観測・モニタリ ングは必要に応じて 施工後も継続
	b) 影響予測を行う ための調査	地形図、数値標 高モデル、雨量 など	ボーリング調査	-	主にボーリング 試料	-	透水試験など	-	-	移行特性試験	(1)および(2) a)の結 果を踏まえて実施
(3) 対策工の 検討を目的 とする調査	a) 受入先の地盤の 安定性に関する 調査	ボーリングデー タ、地質図、地 すべり地形分布 図、活断層図な ど	地質踏査など (必要に応じ) ボーリング調査	-	(必要に応じ) ボーリング試料	-	(必要に応じ) 標準貫入試験、 粒度試験、三軸 圧縮試験など	-	-	-	(必要に応じ) (2) a)の地下水に 関する情報も活用
	b) 地盤材料の透水 性に関する調査	-	-	-	施工で使用する ものを入手	-	締めめ試験、透 水試験など	-	-	-	(1)の結果を踏ま えて実施
	c) 不溶化性能・ 吸着性能に関す る調査	-	-	-	施工で使用する ものを入手	-	-	短期溶出試験	-	不溶化の性能を 確認するための 試験、移行特性 試験	(1)の結果を踏ま えて実施

出典：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）p.63 表-3.1.1

※「調査の内容」に併記される「3.3.1」等の番号は、上記引用元マニュアルにおいて詳述される項番号を示す

## 4. リスク評価

### (1) リスク評価とは

土壌汚染対策法では、発生源における重金属等の溶出量と含有量に基づき対策の有無を判断する。リスク評価では、発生源から受容体（おもに人）に至るまでの曝露経路を考慮したサイト概念モデルを用いて、曝露地点（井戸など）や敷地境界における濃度を予測・評価し、リスクに応じた対策を講じる。

#### 【解説】

土壌汚染対策法では特定有害物質による健康被害を防止するために、汚染の発生源における重金属等を土壌溶出量基準、土壌含有量基準を定めることによって規制し、リスクありと判断された場合は発生源において措置を行う、という考え方を採用している。

リスク評価の考え方では、発生源から受容体（おもに人）や評価地点（井戸などの保全対象や敷地境界）に至るまでの曝露経路を評価し、受容体や評価地点における曝露量が目標に適合しているかを予測・評価することで合理的な対策を行うものである（図4.1）。目標に適合しないリスクが存在する場合には、発生源や盛土予定箇所の条件を踏まえてリスクを低減させる適切な対策を講じる。

なお、リスク評価の導入にあたっては、地質条件（重金属等含有地質の分布状況、重金属等の含有量・溶出量）、発生土の盛土予定地の条件（土地利用制限の有無、近隣の水利用の有無、近隣の土地利用状況）を整理し、地元住民の意向などを十分に考慮・検討することが必要である。

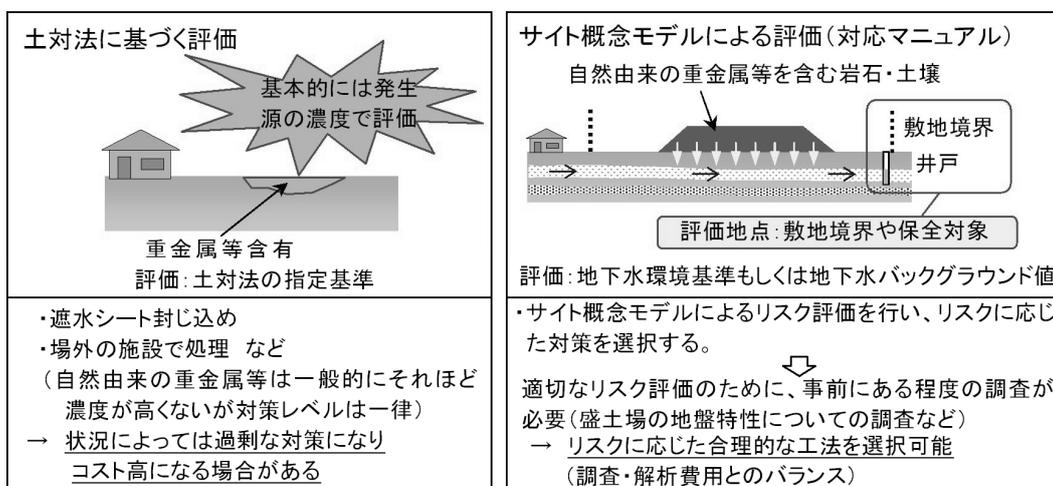


図4.1 土壌汚染対策法とリスク評価の考え方の比較

出典：自然由来重金属等の対策におけるリスク評価マニュアル 4章 図4-7-1

## (2) リスク評価の考え方

リスク評価は、簡易な評価手法からより高度な評価手法があり、発生源や受入地等の状況に応じて適切な評価レベルを選択する必要がある。

### 【解説】

リスク評価における評価レベルを選択する際には、リスク評価の信頼性、現場状況、事業段階を考慮する必要がある。評価レベルは、低次なものから高次なものまでがある

評価レベルを向上させる方法は、図4.2に示すように、解析モデルの高度化とパラメータの精度向上の2つがある。たとえば、パラメータの精度が向上すれば、同一のモデルであってもリスク評価の信頼度は増加する。モデルの高度化は、一次元から二次元の移流分散解析への移行などにより行える。ただし、パラメータの適切な設定が困難な場合は、解析結果の不確実性が増加することに注意する必要がある。

なお、リスク評価では、不確実性と保守性についてバランスをうまくとり、現実的かつ不確実性の少ない評価を行い、危険側の評価とならないようにすることが不可欠である。



図4.2 リスク評価の高度化のイメージ

出典：自然由来重金属等の対策におけるリスク評価マニュアル 3章 図3-2-1

### (3) リスク評価の流れ

一般にリスク評価は、発生源の評価、受入地とリスク評価地点の選定、リスク評価範囲の設定、受入地周辺の地盤特性評価、リスク評価（解析・評価）という流れで行う。

リスク評価の結果、対策が必要と判断された場合は、対策方法を検討しモニタリング計画を検討する。評価地点において対応目標に適合すると判断された場合にも、盛土による影響が生じていないことを確認するためにモニタリング計画を立案する。

#### 【解 説】

自然由来の重金属等による影響が懸念される発生土であっても、リサイクルの観点からできるだけ盛土材料などとして有効活用することが望ましい。その際、受入地周辺の環境に問題が生じないようにするために、リスク評価が重要となる。

発生土を盛土として利用する際のリスク評価の流れとして図4.3が考えられる。サイト概念モデル構築における調査対象のイメージを図4.4に、サイト概念モデルにおける解析パラメータの例を図4.5に示す。

まず、重金属等の発生源となる盛土に対し発生源濃度区分を行うとともに、浸出する重金属等や酸性水をできるだけ定量的に評価するための調査・検討を行う。次に、受入地の状況を考慮してリスク評価地点の選定および地盤特性評価へと進み、発生源濃度区分に応じて、サイト概念モデルに基づいた解析モデルを用いて移流分散解析を行ってリスクを評価する。

リスク評価の結果、対策が必要と判断された場合は、適用可能な対策方法を比較検討し、最適な対策方法を選定する。対策方法は、安全性やコストを総合的に判断して選定する必要がある。また、対策工の施工時および施工後の安全性を検証するためのモニタリング計画を立案する。

一方、評価地点において対応目標に適合すると判断された場合にも、受入地の周辺環境への影響がないことを確認し、リスク評価の妥当性を検証するためにモニタリング計画を策定する。対策工の効果やリスク評価結果の確認を目的にモニタリングは行う必要があり、施工による影響の有無の判断根拠となるバックグラウンド値（初期値）を得るために、盛土の施工前からモニタリングを実施することが基本となる。

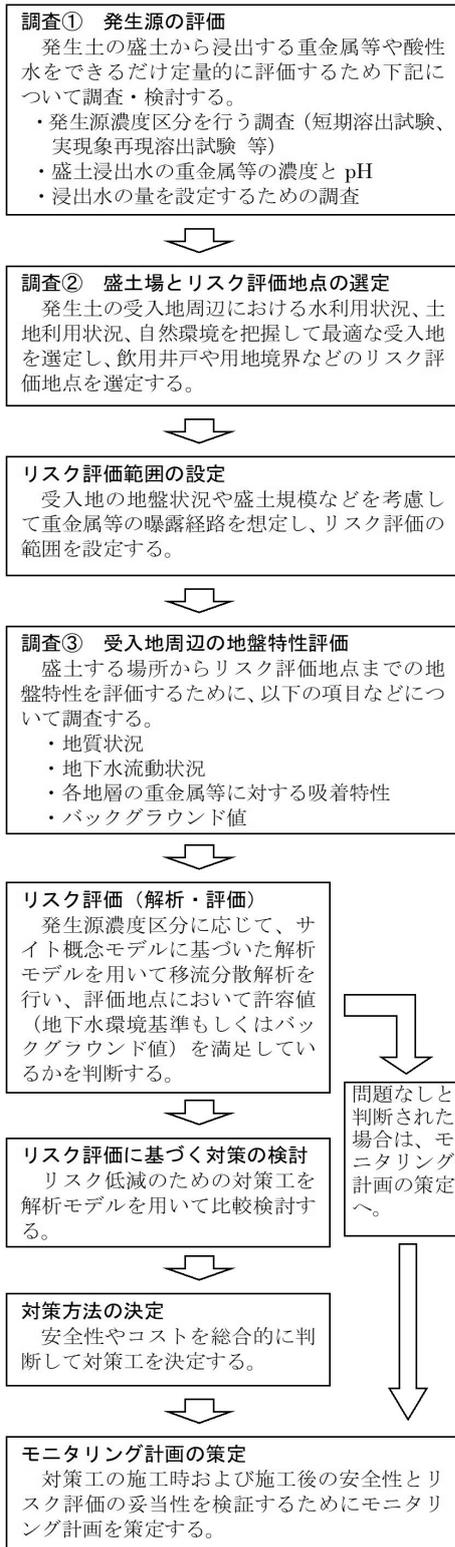


図4.3 サイト概念モデルによるリスク評価における調査から対策工検討までの流れ

出典：自然由来重金属等の対策におけるリスク評価マニュアル 4章 図4-2-1、図4-6-3に加筆修正

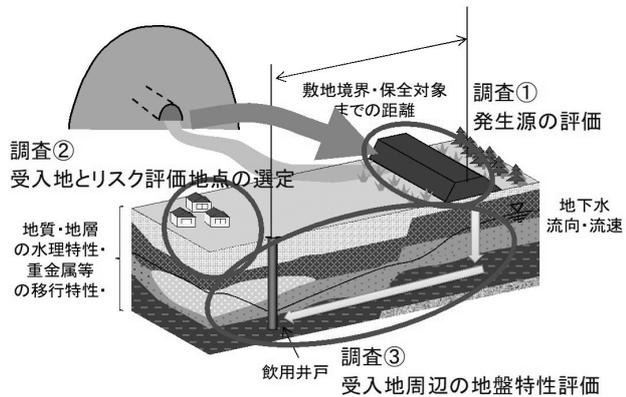


図4.4 サイト概念モデル構築における調査対象のイメージ

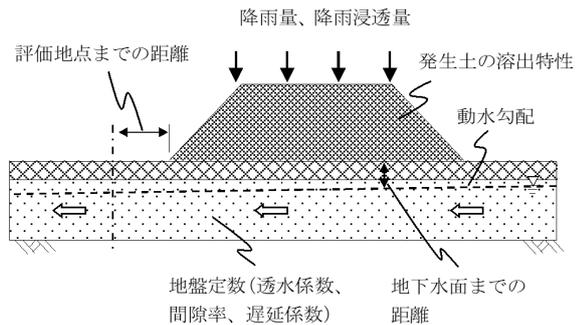


図4.5 サイト概念モデルにおける解析パラメータの例（解析モデルは必ずしも2次元の必要はない）

#### (4) 調査の進め方

リスク評価を行うためには、①発生源の評価、②受入地とリスク評価地点の選定、③受入地周辺の地盤特性評価、のために各事業段階に応じた調査・検討を行う。

#### 【解説】

- ① 発生源の評価では、自然由来の重金属等についての対策の要否や方法を検討するための調査を行う。具体には、発生源の化学的性状（酸性化可能性・重金属等の含有・溶出・実現象を模擬した長期特性等）や地質性状・分布・発生量等である。ここでいう発生源とは、基本的に重金属等を溶出あるいは含有する発生土の盛土または埋土を意味するが、事業の初期段階においては掘削対象となる岩石・土壌を指す場合もある。
- ② 受入地とリスク評価地点の選定では、自然由来の重金属等を含有あるいは溶出する発生土の対策を行う受入地を周辺の水利用状況や土地利用状況などを踏まえて選定し、飲用井戸や用地境界などの位置を踏まえてリスク評価地点を選定し、リスク評価範囲を設定するための調査を行う。
- ③ 受入地周辺の地盤特性評価では、盛土を行う箇所の地盤の安定性（地すべり・軟弱地盤など）、重金属等の拡散経路（地質構造・水理構造）、重金属等の移行特性（地盤への吸着性等）を評価するための調査を実施する。これらの調査・検討結果に基づいてサイト概念モデルを構築し、事業段階や現場状況に応じた評価レベルと解析モデルによりリスク評価を行う。

それぞれの評価・検討のための調査は、表4.1に示すように、計画段階、概略設計段階、詳細設計段階・施工計画段階、施工段階、維持管理段階の各事業段階に応じて実施する。各事業段階での調査・検討の目的は表4.1に示すとおりである。また、具体的な調査方法は前出表3.1に示すとおりであり、本表には、それぞれの調査・検討を行う理想的な事業段階を示しており、事業の進捗状況によっては段階的に調査ができない場合や、事業が進む途中で自然由来の重金属等への対策が不要になる場合などには、適宜柔軟に対応することが求められる。

表4.1 各事業段階における調査・検討の目的

事業段階	調査・検討の目的
事業計画段階	事業計画段階において、重金属等のリスクを回避するか、あるいは最小にできる路線を選定するために行う。
概略設計段階	路線の概略決定段階において、重金属等を含有あるいは溶出する可能性がある発生土が発生するかを検討するために行う。また、必要に応じて対策が必要な発生土の土量や受入地について概略検討する。
詳細設計段階 ・ 施工計画段階	路線と構造物の詳細が決定する段階において、重金属等の発生源と受入地について詳細に評価し、必要な対策を設計しモニタリングおよび施工の計画を策定するために行う。
施工段階	詳細設計段階までの調査・検討結果の妥当性と、対策工の施工中に不測の事態が生じていないかを確認するために、モニタリングを行う。
維持管理段階	対策工の効果と施工による影響の評価のために、モニタリングを行う。

## (5) リスク評価（解析・評価）

リスクの定量的評価を行うためには移流分散解析を行う。解析は、①評価地点、②評価基準、③評価期間、④解析範囲の設定、⑤解析手法、⑥パラメータの感度、を考慮して行う。

### 【解説】

サイト概念モデルを踏まえ評価地点における濃度を予測するためには、移流分散解析を行う。解析にあたっては、上記の①～⑥について考慮する必要があるが、その内容は次のとおりである。

評価地点は、曝露地点でのリスクを評価するという意味では発生土からなる盛土（発生源）に最も近接する飲用井戸などを保全対象とするが、道路事業においては用地境界を評価地点とすることが多い（評価地点の考え方は下記参照）。評価地点が複数存在したり曝露経路が異なる場合には、それぞれにサイト概念モデルを構築し、リスク評価を行う必要がある。

評価基準は、環境基準値とすることが一般的であるが、サイトによっては地下水バックグラウンド値などを評価基準とできる場合もある。

評価期間は、対応マニュアル（2023年版）では評価期間を100年間としているが、評価地点における濃度のピークを把握することが望ましく、場合によっては長期間の解析を要する。

解析範囲の設定は、発生土からなる盛土（発生源）と評価地点の位置関係や地盤特性を考慮して適切に設定する必要がある。たとえば断面2次元の解析を行う場合では、重金属等の負荷が最も大きくなる断面や地下水の下流側への影響が最も大きくなる断面などを解析範囲とすることが考えられる。

解析手法については、様々な解析コードがあり、リスク評価のレベルやサイト概念モデルに応じた適切な解析コードを用いることが肝要である。

パラメータの感度とは、各種パラメータが解析結果へ与える影響の度合いのことで、パラメータを変化させて繰り返し解析を行う感度解析により把握できる。評価地点における重金属等の濃度に与える影響が大きい（感度が高い）パラメータを感度解析により把握し、地盤特性の評価段階において調査項目を決定することができる。主要なパラメータについては十分な調査や試験を実施して精度を高めるように留意する。

#### (1) 評価地点の考え方

本線道路盛土を受入地とする場合の評価地点は、道路用地境界に設定することが多い。しかしながら、受入地周辺に水利用が有る、あるいは受入地を道路用地外とする場合は、リスク評価地点について十分な検討や協議が必要となる。

各条件におけるリスク評価地点の考え方を以下に記載する。

##### ◆受入地近傍に水利用がある場合

受入地近傍に水利用がある場合は、受入地と水利用箇所の水理地質について調査を行い、両者間の地下水の繋がりがや水源への影響について検討する必要がある。影響が想定される場合は、リスク評価地点を盛土直下または地下水面上に設定した解析を行った上で、対策工について検討することが望ましい。

##### ◆受入地を道路用地外とする場合

道路用地外に受入地を設ける場合の対策工の検討では、周辺環境条件や地権者との協議結果に応じて、リスク評価地点を盛土直下または地下水面上に設定した解析を行った上で、適切な工法を選定することが望ましい。

## 5. 対策

### (1) 対応方針の決定・設計

発生源評価（要管理土を判定するための試験）、受入地の調査、リスク評価等の結果を総合して、以下に示す項目を満足できる対策を適切に選定、設計する。

#### 人の健康への影響の防止

- I. 地下水等の飲用摂取に関する目標
- II. 直接摂取に関する目標
- III. 表流水の飲用摂取による影響

#### 生活環境への影響の軽減

#### 【解 説】

対策の選定・設計では、要管理土を判定するための試験、発生源評価、受入地の調査、リスク評価の結果を総合して、関係機関等との合意形成を図りながら対策を選定する。

発生源（盛土）から重金属等が浸出・拡散する状況としては、盛土表面から降雨などが浸透し、発生土から重金属等の一部が溶出して地盤へ浸透し、地下水の流れに乗って周辺に拡散することや、河川等の表流水へ拡散することが考えられる。これら人の健康への影響防止と、周辺環境における植生や魚類等への影響回避を目的に、発生源のリスクや受入地の条件に対して必要な諸機能（直接摂取経路遮断、雨水浸透抑制、重金属等の溶解抑制、重金属等の捕捉、滲出水の浸透抑制 等）を考慮して対策工を選定する必要がある。なお、対策方針の検討にあたっては、学識者等の専門家の助言を仰ぎながら進めることが望ましい。

要対策土を用いて盛土を行う場合に有すべき機能と工種の例を表5.1に、対策盛土の例を表5.2～表5.3に、リスク評価の概念を図5.1に示す。

表5.1 要対策土を用いて築造する盛土が有すべき機能と対応する工種の例

機 能	工種の例
直接摂取経路の遮断	覆土工、表面被覆工、舗装工
盛土内への雨水の浸透抑制	覆土工、植栽工、転圧工、上部遮水工
重金属等の溶解や酸化反応の抑制	不溶化工
重金属等の捕捉や酸性水の中和	吸着層工、滲出水処理工、透過性地下水浄化壁工、中和工
盛土滲出水の地下浸透の抑制 および表流水としての排水	底部遮水工、排水工
対策効果の確認	内部保有水の水位観測、排水量または漏水観測、排水水質分析、地下水水質分析など
要対策土とそれ以外の土との区別（必要がある場合）	覆土工、表面被覆工、砕石敷設工など

出典：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版） 第2章 表-2.11.1

表5.2 対策盛土の例(1)

対策工種	対策のイメージ図	概要	特徴・留意点および長所・短所	想定される適用の例	事前検討項目
二重遮水工 (二重遮水シートによる封じ込め)		<p>盛土構造物の中に、周囲を二重の遮水構造とした対策土を封じ込め、要対策土からの浸透水や滲出水の発生を防止する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土壌汚染対策法の封じ込め措置として挙げられた方法と同等</li> <li>土の掘入・積層・転圧時のシート破損やシート上面での土の滞りに留意し、シート均配を小さくするなど、構造物として安定となる設計・施工法とする</li> <li>比較的高コスト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>造成工事の掘削土による盛土</li> <li>人の生活圏や飲用井戸等の水源がある比較的近傍にある場所（近傍とは無対策の場合のリスクが大きいと推定される距離）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要対策土の力学的特性</li> <li>構造物に対するシートの耐久性</li> </ul>
一重遮水工 (粘性土による封じ込め)		<p>盛土構造物の中に、周囲を粘性土による一重の遮水構造とした対策土を封じ込め、要対策土からの浸透水や滲出水の発生を防止する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>封じ込め材としての粘性土は現地発生土の利用も可能</li> <li>重金属等含有土と封じ込め粘性土による構造物の安定性確保のための補助工法等が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>山岳トンネルの岩ずりや造成工事の掘削土による盛土</li> <li>人の生活圏や飲用井戸等の水源がある近傍にない場所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要対策土と封じ込め粘性土の力学的特性</li> <li>封じ込め粘性土の透水性</li> </ul>
一重遮水工 (一重遮水シートによる封じ込め)		<p>盛土構造物の中に、周囲を遮水シートによる一重の遮水構造とした対策土を封じ込め、要対策土からの浸透水や滲出水の発生を防止する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土の掘入・積層・転圧時のシート破損やシート上面での土の滞りに留意し、シート均配を小さくするなど、構造物として安定となる設計・施工法とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>造成工事の掘削土による盛土</li> <li>人の生活圏や飲用井戸等の水源がある近傍にない場所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要対策土の力学的特性</li> <li>構造物に対するシートの耐久性</li> </ul>
上部遮水工		<p>要対策土による盛二等構造物の上部に粘性土、シート、アスファルト舗装等による遮水工を施す。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>浸透性の低い基礎や吸着性の高い基礎の利用により、さらなるリスク低減が可能</li> <li>土の掘入・積層・転圧時のシート破損やシート上面での土の滞りに留意し、シート均配を小さくするなど、構造物として安定となる設計・施工法とする</li> <li>施工法は比較的低コスト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>山岳トンネルの岩ずりや造成工事の掘削土による盛土</li> <li>人の生活圏や飲用井戸等の水源がある近傍にない場所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要対策土の力学的特性</li> <li>構造物の透水性と層厚との関係</li> </ul>
転圧工		<p>要対策土による盛二等構造物を転圧し、締め固め効果により透水性を低減し、構造物内部からの重金属等や酸性水の溶出を低減する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既往の土工管理に基づき管理手法の適用が可能</li> <li>施工法は比較的低コスト</li> <li>重金属等含有土の土質により転圧効果が異なる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>造成工事の掘削土による盛土</li> <li>下流に人の生活圏や飲用井戸等の水源がない場所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要対策土の力学的特性</li> <li>ブレンド材や土質改良材の添加を含めた締め固め効果（透水性や溶出性等）の検討</li> </ul>

表5.3 対策盛土の例(2)

対策工種	対策のイメージ図	概要	特徴・留意点および長所・短所	想定される適用の例	事前検討項目
不溶化工・中和工	<p>覆土または舗装 排水層 側溝 対策盛土 地山と対策盛土の境界を区別する材料を敷設 モニタリング 水質 水質</p> <p>重金属等含有土や酸性土を不溶化処理や中和処理して盛土</p>	<p>要対策土に不溶化材や中和材を添加し、重金属等や酸性水の溶出を低減する。</p>	<p>施工実績は比較的多く、不溶化・中和資材も多岐 施工法は比較的単純 土の物理化学的特性や構造物の置かれる環境条件等により不溶化・中和効果やその持続性が異なる</p>	<p>山岳トンネルの岩すりや造成工事の掘削土による盛土 下流に人の生活圏や飲用井戸等の水源がない場所</p>	<p>不溶化材・中和材等の配合と不溶化・中和効果の関係を見るための不溶化・中和試験 想定される環境条件下での耐久性をみるための促進試験</p>
吸着層工	<p>覆土または舗装 側溝 対策盛土 吸着層(排水層を兼ねる) モニタリング 水質 水質</p> <p>要対策土による盛土等の構造物下面に吸着層を敷設し、重金属等の地下への浸透を防止する。</p>	<p>要対策土による盛土等の構造物下の地下水流向を側面に重金属等を吸着する透過性地下水浄化壁を構築し、下流側への重金属等の拡散を防止する。</p>	<p>施工実績は比較的多い 施工法は比較的単純 吸着層に現地産生土を利用したり、原地盤の吸着性を評価することなども可能 土の物理化学的特性や吸着材料の異なる特性により、リスタック効果の異なる</p>	<p>山岳トンネルの岩すりや造成工事の掘削土による盛土 下流に人の生活圏や飲用井戸等の水源がない場所</p>	<p>吸着材による効果を見るための吸着試験 吸着層の添加量等を設計するための繰り返し溶出試験やカラム試験等</p>
透過性地下水浄化壁工	<p>覆土または舗装 側溝 対策盛土 透過性地下水浄化壁 モニタリング 水質 水質</p> <p>要対策土による盛土等の構造物の地下水流向を側面に重金属等を吸着する透過性地下水浄化壁を構築し、下流側への重金属等の拡散を防止する。</p>	<p>要対策土による盛土等の構造物からの表流水・滲出水の処理により重金属等を回収する。</p>	<p>施工実績は少ない 重金属等の移行経路の中途に施される吸着法の位置づけ 既存構造物からの拡散防止対策として有効 吸着材料については「吸着」対策の場合と同様の扱い</p>	<p>造成工事の掘削土による盛土 下流に人の生活圏や飲用井戸等の水源がない場所</p>	<p>吸着材による効果を見るための吸着試験 吸着層の添加量等を設計するための繰り返し溶出試験やカラム試験等</p>
底面遮水工・滲出水処理工	<p>覆土または舗装 側溝 対策盛土 底面遮水 モニタリング 水質 水質</p> <p>要対策土による盛土等の構造物からの表流水・滲出水の処理により重金属等を回収する。</p>	<p>要対策土による盛土等の構造物からの表流水・滲出水の処理により重金属等を回収する。</p>	<p>土構造物そのものの対策は不要 排水処理コストの他に非水処理で生じる汚泥の見積もる必要 滲出水の処理能力と処理期間等の予測が困難</p>	<p>山岳トンネルの岩すりや造成工事の掘削土による盛土 人の生活圏や飲用井戸等の水源が近傍にない場所</p>	<p>要対策土からの溶出特性を見るための繰り返し溶出試験やカラム試験等</p>
効果確認モニタリング	<p>覆土または舗装 側溝 対策盛土 モニタリング 水質 水質</p> <p>地山と対策盛土の境界を区別する材料を敷設</p>	<p>要対策土による構造物を含む地下水をモニタリングし、汚染されていないことを確認する。</p>	<p>土壌汚染対策法の措置の一つとして挙げられ、コストが低い 場合に最も低コストで実施可能 常時の地下水監視と未然防止策等の準備が必要となる</p>	<p>山岳トンネルの岩すりや造成工事の掘削土による盛土 下流に人の生活圏や飲用井戸等の水源がない場所</p>	<p>要対策土からの溶出特性（報告第18号試験、短期溶出試験等）</p>

出典：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版） 第4章 表-4.3.3

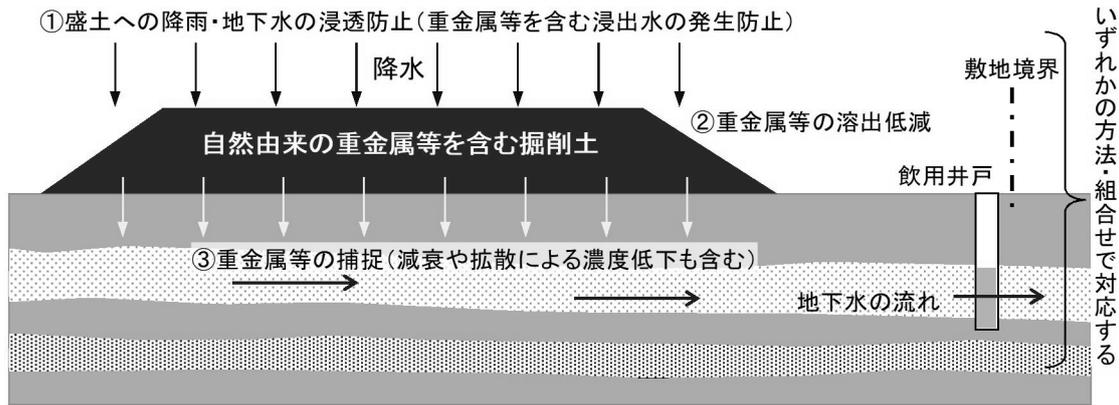


図5.1 受入地におけるリスク評価の考え方

対策の設計においては、受入地の地盤安定性や水理・水文条件を考慮した上で、構造物の機能およびその安定性を確保する必要がある。対策は、環境的な影響を防止する目的を有する一方、土木構造物としての機能や安定性を損なうことになってはならない。このため、構造物の設計に当たっては各種構造物に関する技術基準に準拠する必要がある。また、構造物の機能およびその構造安定性を確保するための維持管理についても検討が必要である。なお、土壤汚染対策法や条例等の対象となる場合は、同法や条例等に基づいた対応を図ることとなるが、同法や条例等の対象外であっても都道府県等の環境部局との協議の結果によっては、同法に準じた対応を実施する場合もある。

直接摂取による影響を防止するための対策選定の考え方は、土壤含有量試験などの「直接摂取リスク判定試験」の結果に基づき、土壤汚染対策法に示される対策工の考え方に準じた対策を実施する。

## (2) 対策の施工

施工時の発生土の仮置き、工事排水や滲出水の事業用地外への排出、要対策土の搬出入や移動などに当たっては、大気汚染防止法や水質汚濁防止法、労働安全衛生法などに留意した上で、適切かつ合理的な施工計画を立案するとともに、有害物質等が拡散することのないように必要な措置を講ずる。

### 【解 説】

対策の実施にあたっては、現場内および周辺への重金属等の拡散を防止するために、以下の事項に留意する必要がある。なお、現場の状況や対象とする重金属等の種類・濃度によっては、これらが当てはまらない場合もある。従って、それぞれの現場に適した方法を選択し、下記以外にも適切な管理方法などを検討し、実施することが望ましい。

施工において仮置き場を設ける場合には、現場状況を考慮し周辺環境に影響を与えないように適切に設置計画を立案する。特に、通常の土工に加え、迅速判定試験等を現場で実施し、対策が必要な発生土と対策が不要な発生土を分別する場合には、迅速判定試験の試験頻度と所要時間を考慮して、仮置き場の面積を十分に検討する必要がある。

[現場内および周辺への重金属等の拡散防止のための留意点]

- ① 工事車両や作業員による拡散の防止
- ② 発生土の飛散・流出防止、および雨水等の浸透防止
- ③ 運搬時の対応
- ④ 排水等の処理
- ⑤ 作業環境管理
- ⑥ 周辺環境のモニタリング
- ⑦ 対策実施の記録と管理

## 6. モニタリング

盛土等への利用や仮置きした場合などにおいて、要対策土等に含まれる自然由来の重金属等により人の健康への影響が新たに発生する可能性がある場合、工事による水環境への影響と対策効果の確認、およびリスク評価結果の検証を目的として、地下水や表流水のモニタリングを行う。

モニタリングの実施にあたっては、モニタリングの目的や現地の状況を踏まえて、対応目標、モニタリング項目、方法、配置、頻度および期間を計画する。

### 【解 説】

モニタリングは施工前、施工中、施工後の各段階において実施する。施工前には対象地域における自然由来の重金属等のバックグラウンド値を把握し、施工中・施工後においては建設工事による水環境への影響を確認する。また、必要に応じ、対策効果の確認、リスク評価結果の検証を目的としたモニタリングを行う。モニタリングは地下水等の摂取と直接摂取による暴露経路を踏まえた地点、内容で行う。さらに、モニタリング結果については適切にその記録を保管する。

各段階におけるモニタリングの概要を表6.1に、各実施段階において実施する調査の項目と目的を表6.2および表6.3に示す。なお、対応マニュアル（2023年版）においては、モニタリングとして「施工確認モニタリング」と「効果確認モニタリング」の2つが定義されているが、本資料ではこれらの概念を一括してとりまとめる。

表6.1 各段階で行うモニタリングの概要

モニタリングの段階	目 的
施工前段階	・バックグラウンド濃度を把握し、影響予測や施工による影響の確認などに活用する。
施工中段階	・工事による周辺環境への影響を把握し、対策工の確実な施工を確認する。 ・必要に応じて重金属等の溶出や酸性水発生の把握や検討に用いる。
施工後段階	・工事による水環境への影響について確認する。 ・必要に応じて重金属等の溶出や酸性水発生の把握や検討に用いる。

表6.2 モニタリングにおける周辺環境水の調査項目の実施段階と調査目的

調査項目	対象	実施段階			調査目的
		施工前	施工中	施工後	
流量	河川水、湧水	●	●	●	掘削工事に伴う湧水の影響を評価する。水質に関する各項目の測定結果とあわせて、要対策土からの溶出現象および水-岩石反応の変化などの検討資料とする。
水位	湖沼水、地下水	○	○	◎	掘削工事に伴う湧水の影響を評価する。地下水の水位測定は、対策工の種別により、その効果の確認に用いられる。また、水位変動に伴う水質変化の有無を把握する。
水温	河川水、湧水 湖沼水、地下水	◎	◎	◎	各計測対象の水質の基本調査項目であり、pH およびEC の温度補正に必要である。
水素イオン濃度指数(pH)	河川水、湧水 湖沼水、地下水	◎	◎	◎	各計測対象の水質の基本調査項目であり、掘削工事による周辺環境水の水質変化を迅速かつ簡便に把握する。また酸性土による影響の有無の把握や、重金属等濃度の変化の考察に用いる。
電気伝導率(EC)	河川水、湧水 湖沼水、地下水	○	○	○	各計測対象の水質の基本調査項目であり、掘削工事による周辺環境水の水質変化を迅速かつ簡便に把握する。電気伝導率は溶存イオンの総量との相関があるため、黄鉄鉱の分解反応の進行を推定できる。
酸化還元電位(Eh)	河川水、湧水 湖沼水、地下水	△	△	△	水-岩石反応や各種元素の鉱物への吸着現象は、環境水のpHとともに酸化還元電位の影響を受けるため、生じている現象を推定するための資料とする。
浮遊物質(SS)	河川水、湧水 湖沼水、地下水	▲	●	▲	掘削工事や発生土の処理にともなう周辺環境水の汚濁の有無を確認する。
溶存イオン濃度	河川水、湧水 湖沼水、地下水	△	△	△	要対策土を使用した盛土等の内部や地盤中で起こっている水-岩石反応、および吸着現象を推定するための資料とする。イオン種によっては対策工の効果の確認にも用いることができる。
重金属等濃度	河川水、湧水 湖沼水、地下水	◎	◎	◎	工事の影響に伴う重金属等の拡散の有無を確認する。

- ◎：自然由来重金属への対応として重点的に実施
- ：自然由来重金属への対応として実施
- △：自然由来重金属への対応として必要に応じて実施
- ：一般的な工事の水文調査として実施
- ▲：一般的な工事の水文調査として必要に応じて実施

出典：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）p.155 表4.5.2

表6.3 事業用地内の湧水・浸出水に関するモニタリング調査項目の実施段階と調査目的

調査項目	対象	実施段階		調査目的
		施工中	施工後	
流量	湧水、浸出水	◎	◎	湧水や浸出水の処理が必要な場合にはその処理設備の容量の検討資料とする。また、盛土等からの浸出水量は遮水工などの効果確認に用いる。
水温	湧水、浸出水	△	△	特に盛土等の地表部における温度変化による溶出成分の変化の有無を確認する。
水素イオン濃度指数(pH)	湧水、浸出水	◎	◎	各計測対象の水質の基本調査項目であり、湧水、浸出水の環境への影響の可能性を迅速かつ簡便に把握する。また酸性土による影響の有無の把握や、重金属等濃度の変化の考察に用いる。
電気伝導率(EC)	湧水、浸出水	○	○	各計測対象の水質の基本調査項目であり、湧水、浸出水の環境への影響の可能性を迅速かつ簡便に把握する。
酸化還元電位(Eh)	湧水、浸出水	△	△	水-岩石反応や各種元素の鉱物への吸着現象は、浸出水のpHとともに酸化還元電位の影響を受けるため、生じている現象を推定するための資料とする。
浮遊物質(SS)	湧水、浸出水	●	▲	掘削工事や発生土の処理にともなう周辺環境水の汚濁の有無を確認する。
溶存イオン濃度	湧水、浸出水	△	△	要対策土を使用した盛土等の内部や地盤中で起こっている水-岩石反応、吸着現象を推定するための資料とする。イオン種によっては対策工の効果の確認にも用いることができる。
重金属等濃度	湧水、浸出水	◎	◎	工事の影響に伴う重金属等の拡散の有無を確認するとともに、対策の効果を検証する。

- ◎：自然由来重金属への対応として重点的に実施
- ：自然由来重金属への対応として実施
- △：自然由来重金属への対応として必要に応じて実施
- ：一般的な工事の水文調査として実施
- ▲：一般的な工事の水文調査として必要に応じて実施

出典：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）p.158 表4.5.3

### (1) モニタリングの実施位置

モニタリングの実施位置は、表流水、地下水の流向について、対象の事業用地を挟んで上下流とすることが基本である。具体的には、表流水の場合は盛土よりも外側、かつ支流との合流部よりも事業用地側に設定すること、地下水の場合は、想定される地下水流域内を基本に、水理地質構造を考慮した配置、構造とすることが重要である（図6.1）。また、地下水の場合は、可能な限り用地境界等のリスク評価を行う地点に近い箇所に観測孔を設置することが望ましい。なお、モニタリングの実施にあたっては、現地条件等を踏まえた適切な計画を立案することが重要であり、各段階において必要に応じ見直しを行う。例えば、施工前からの継続的なモニタリングにより観測データが蓄積されたのち、施工中および施工後には、盛土等からの滲出水の影響を受けない上流側の観測地点を対象外とする、あるいは観測頻度を低くするなどの運用も考えられる。

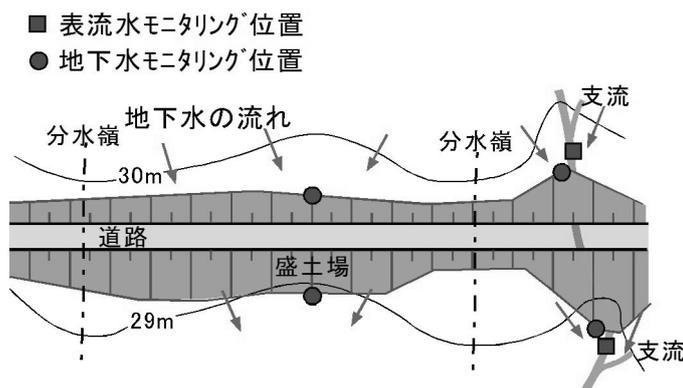


図6.1 モニタリング実施位置の考え方

### (2) モニタリングの頻度・期間

モニタリングの頻度および期間は、原則、表6.4に示すとおりとする。

施工前のモニタリングは、地下水位や水質の季節変動や年変動による影響を踏まえ、可能であれば着工前2～3年間の実施が望まれる。施工中のモニタリングは、覆土の施工が完了するまでとし、覆土完了後は施工後のモニタリングに移行する。また、道路本線盛土のように盛土延長が長く、施工終了時期が複数年に及ぶ場合は、地下水流域内の盛土を一単位として、施工後のモニタリングへの移行を管理することが望ましい（図6.2）。施工後のモニタリングは、水位や水質がある程度一定となった状態でのモニタリング結果が対応目標を上回らない状態が2年間継続することの確認がなされるまで実施する必要がある。ここでいう「対応目標を上回らない状態の確認がなされる場合」は、土壤汚染対策法における「地下水基準に不適合となるおそれがないことの確認方法」<sup>1</sup>に準じて判断することが考えられる。なお、覆土の完了とは、法面だけでなく盛土天端においても要対策土等が露出していない状態となったことを示す。

表6.4 モニタリングの頻度、期間

段階	モニタリング頻度	モニタリング期間	備考
施工前	4回/年	着工前2～3年間の実施が望ましい	要対策土等の搬入前までを対象とする
施工中	1回/月	施工期間中	要対策土等の搬入中を対象とする
施工後	4回/年	盛土完了後2年以上*	覆土を施工した後を対象とする

※モニタリングが水環境への影響の確認を目的とするものである場合、水位や水質がある程度一定となった状態でのモニタリング結果が、対応目標を上回らない状態の確認がなされる必要がある。また、モニタリングが対策工の効果の確認やリスク評価結果の確認を目的とするものである場合、当該目的を勘案して適切に期間を検討する。

<sup>1</sup> 環境省水・大気環境局水環境課土壤環境室：土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第3.1版）、2022、環境省ホームページ、<https://www.env.go.jp/water/dojo/gl-man.html>

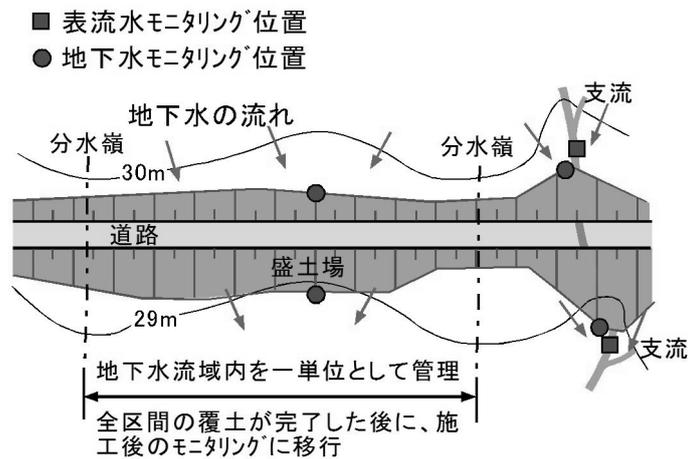


図6.2 施工後のモニタリングの考え方（例）

(3) 異常時の対応

施工中および施工後のモニタリング結果が想定と異なる場合や盛土の崩壊等の損傷に伴いモニタリング結果に異常が確認された場合、必要な追加調査を行って原因を推定する。そして必要に応じて周辺環境への影響に関する情報公開、地下水利用制限、モニタリング強化、対策の見直しなどの措置を講じる。異常の原因の推定においては、次のような観点が考えられる。

- ・バックグラウンド濃度の変動
- ・施工のタイミングとモニタリング結果の変動
- ・地震、豪雨、斜面変動などの発生のタイミングとモニタリング結果の変動
- ・事業用地外の状況の変化とモニタリング結果の変動

飲用井戸への影響がある場合は、必要に応じて飲用自粛要請、代替水源の確保、透過性地下水浄化壁工のような対策工の施工などの対応が必要である。